

УДК 656.7.052.001.76:551.507(045)

Ю.А. Авер'янова, к.т.н., доц.  
Ф.Й. Яновський, д.т.н., проф.

## ДИНАМІЧНА СКЛАДОВА ГЛОБАЛЬНОЇ ІНТЕРАКТИВНОЇ МЕРЕЖІ ОДЕРЖАННЯ ТА ОБМІНУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИМИ ДАНИМИ

Національний авіаційний університет  
E-mail: Yuliya\_ans@yahoo.co.uk

*Розглянуто перспективні напрямки розвитку технічних засобів для одержання більш надійної, достовірної та деталізованої інформації стосовно метеоумов за маршрутом польоту для ефективної роботи глобальної мережі одержання та розповсюдження інформації. Розроблено структурну схему глобальної мережі. Особливу увагу приділено використанню повітряних кораблів як динамічних елементів для одержання та обміну метеорологічними даними.*

**Ключові слова:** автоматичні системи спостереження, безпека польотів, бортові системи спостереження, вулканічний попіл, град, метеорологічна інформація, обledenіння повітряних кораблів, турбулентність, ADS-B.

### Постановка проблеми

Оперативна та надійна метеорологічна інформація за маршрутом польоту є одною з основних складових, необхідних для безпечної навігації повітряних кораблів (ПК).

Успішне впровадження авіаційних концепцій нового покоління Free Flight та CNS ATM, які замість централізованого керування повітряним рухом (авіадиспетчерський контроль та керування), роблять ставку на технологічний ріст та можливість автоматичного та динамічного доступу до інформації саме екіпажем ПК.

Такий підхід дозволить пілоту ПК гнучко змінювати траєкторію польоту відповідно до умов, що склалися, а також зменшити вплив людського фактору на прийняття рішення. Все це потребує глобалізації та підвищення функціональності сучасних систем спостереження та одержання й доступу до оперативної інформації під час виконання польоту.

У програмах розвитку авіації нового покоління багатьох країн включно США увагу приділено створенню глобальної мережі одержання та обміну даними з використанням системи ADS-B (Automated Dependent Surveillance-Broadcast) та системи керування

широкою інформацією SWIM (System Wide Information Management). Ключовим моментом для впровадження нових концепцій є необхідність використання новітніх систем одержання, обміну та розповсюдження інформації.

**Мета роботи** – висвітлення перспективних напрямів розвитку технічних засобів для одержання більш надійної та достовірної інформації стосовно небезпечних явищ погоди за маршрутом польоту та розроблення можливої структури глобальної мережі одержання та розповсюдження інформації з використанням ПК як динамічних елементів для одержання та обміну метеорологічними даними.

### Аналіз досліджень і публікацій

Основа сучасної мережі спостереження за станом атмосфери – метеорологічні станції для навколоземних спостережень. Більшість сучасних станцій, що обладнані автоматичними системами спостереження за погодою, є складовими частинами автоматичної мережі навколоземних погодних спостережень [1].

Дані таких станцій переважно використовуються для забезпечення прогностичною та попереджувальною інформацією про небезпечні явища доволі широкого кола користувачів різних фахових структур включно авіаційні.

На базі метеорологічних станцій проводяться спостереження за станом атмосфери на різних висотних рівнях за допомогою куль-пілотів та в деяких випадках наземних засобів дистанційного зондування.

Використання даних автоматичного спостереження має такі обмеження, як велика кількість явищ, у тому числі небезпечних для авіації, що не можуть бути ідентифіковані автоматичними системами. Наприклад, різновиди явищ, що погіршують видимість (вулканічний попіл, торнадо, деякі види опадів та комбіновані опади, блискавки в хмарах та між хмар), але саме за ними автоматичні станції визначають наявність грозових явищ, типи хмар та ін.

Нині використовується мережа метеорологічних супутників, що дозволяє спостерігати за великомасштабними атмосферними явищами та розподілом деяких метеорологічних елементів на значних ареалах [2].

Дані метеорологічних супутників використовуються переважно для моніторингу за станом землі та атмосфери, уточнення та покращення прогностичної інформації. Широко використовуються та постійно модернізуються мережі радіолокаційних станцій, наприклад, NEXRAD [3], що демонструють гарні можливості в забезпеченні потреб сучасної авіації та метеорологічних служб.

Нещодавно для спостережень за станом атмосфери та одержання інформації про деякі небезпечні явища стали використовуватися комерційні літаки, що обладнані апаратурою для автоматичного вимірювання параметрів атмосфери та передачі цієї інформації авіаційним диспетчерам і за необхідності відповідним наземним метеорологічним структурам. Всесвітньою метеорологічною організацією запропоновано зональне покриття комерційних польотів щодо одержання оперативних даних про стан атмосфери за допомогою кульпілотних та інших спостережень.

Така система одержала назву АМДАР (Aircraft Meteorological Data Relay).

Метеорологічні дані одержують за допомогою різноманітних датчиків характеристик атмосфери (тиск, температура) додатково до навігаційної інформації. Після попередньої обробки дані передаються на землю за допомогою високочастотних ліній зв'язку або супутникових ліній зв'язку.

Всесвітня метеорологічна організація пропонує реалізовувати системний, комплексний та глобальний підхід щодо реалізації спостережень за станом атмосфери та метеорологічними явищами з використанням даних наземних, повітряних та супутникових технологій [4].

Аналогічну концепцію використання оперативних даних про метеорологічні умови за допомогою ПК запропоновано в роботі [5], де наведено приклад реалізації з увагою на спостереження за атмосферою електрикою.

Концепція? наведена в роботі [5], знайшла повну підтримку в Академії наук [6], але робота припинилася після розпаду СРСР.

Досвід робіт [5] і [6] використано в роботі [7], де запропоновано систему одержання та розповсюдження метеорологічних даних із використанням системи ADS-B та ПК як динамічного елемента системи керування повітряним рухом. Такий підхід пропонує реалізовувати стратегія авіаційної безпеки наступного покоління [8].

#### **Automated Depended Surveillance-Broadcast) та System Wide Information Management**

Для реалізації концепції глобальних спостережень із можливістю оперативного та вибіркового доступу до потрібної інформації екіпажем ПК необхідні розвиток та впровадження сучасних засобів зв'язку з використанням супутникових технологій, систем автоматичного спостереження за метеорологічними даними та дистанційного одержання метеорологічної інформації.

Federal Aviation Administration (FAA) запропонувало програму використання супутників зв'язку SWIM для більш ефективного обміну інформацією про робочий статус

аеропортів, метеорологічний стан, польотні дані та інші спеціальні дані використання повітряного простору.

Програма SWIM має забезпечити відповідні структури гнучкою та безпечною інформацією та підкреслює перехід від використання наземних систем керування повітряним рухом до супутникових в рамках концепції розвитку авіації наступного покоління.

Використання SWIM є основою для більш ефективного забезпечення інформацією про стан повітряного простору, враховуючи метеорологічну інформацію для керування повітряним рухом.

Ключовою послугою SWIM має стати можливість запиту та одержання поточної цільової інформації в найбільш цікавій зоні для пілотів або авіаційних диспетчерів.

Система ADS-B та її найцікавіший варіант IN/OUT [9] дозволяють досить оперативно проводити обмін даними між ПК та землею, ПК та іншим ПК і використовувати інформацію вибірково, наприклад, відбирати інформацію про наявність та інтенсивність небезпечного явища за маршрутом польоту тільки від того сенсора-ПК, місцезнаходження якого відповідає майбутньому місцезнаходженню іншого ПК, та за необхідності видавати попередження.

Місцезнаходження ПК визначається навігаційною системою літака з використанням GPS технологій.

Звичайно узагальнені дані мають передаватися до метеорологічних центрів і надалі стандартно використовуватися для наукових, метеорологічних і синоптичних цілей.

#### **Динамічна складова глобальної системи одержання та розповсюдження інформації**

У роботах [4–6; 8] запропоновано концепцію сумісного використання фіксованої (першого типу) та динамічної (другого типу) мереж для одержання та розподілу метеорологічних даних.

У цій концепції мережа першого типу оперує з даними, що одержані за допомогою засобів та пристроїв, які мають фіксоване наземне або повітряне розташування.

Система другого типу складається з просторово-розподілених сенсорів, що розміщуються на мобільних носіях.

Повітряні кораблі розглядають як засоби для розміщення необхідного мінімального набору вимірювальних пристроїв для збору інформації на всіх етапах польоту, враховуючи зліт та посадку. Увага приділяється необхідності доступу до інформації в реальному часі з урахуванням точної позиції ПК, а також зручної інтерпретації та візуалізації даних.

#### **Одержання метеорологічної інформації динамічною складовою**

Сучасний рівень технологій та систем оперативного одержання інформації з борту ПК дозволяє не тільки вимірювати стандартні параметри атмосфери, а й оперативно одержувати, обробляти та інтерпретувати інформацію про складні небезпечні атмосферні явища.

У роботі [10] зроблено огляд можливостей сучасних радіолокаційних систем нового покоління, запропоновано комплексну концепцію використання доплерівсько-поляриметричного радіолокаційного підходу до одержання інформації про широкий спектр метеорологічних явищ, показано можливості доплерівсько-поляриметричного підходу та запропоновано алгоритми для одержання діагностичної та прогностичної інформації про мікроструктуру метеорологічних утворень, їх динамічний стан і визначення рівня небезпеки метеорологічних явищ для авіації та інших потреб.

Сучасне прогнозування потрапляння літака в зони небезпечного обледеніння та градової активності має синоптичний характер.

Реальну ситуацію стосовно інтенсивності, форми льоду, що відкладається, та вид обледеніння екіпаж ПК часто дізнається вже в процесі польоту, фіксуючи зміни аеродинамічних характеристик літака, або після приземлення.

У більшості ситуацій оперативна інформація про локальну мікроструктуру хмар за маршрутом польоту дозволяє:

- гнучко скорегувати траєкторію польоту;
- запобігти попаданню в найнебезпечніші зони;
- сприяти підвищенню безпеки та економічності польотів.

У роботах [10; 11] наведено алгоритм, що використовує стандартні доплерівсько-поляриметричні характеристики відбитих від гідрометеорів сигналів для оперативного визначення зон небезпечного обледеніння та зон градової активності з борту ПК.

У роботі [12] показано можливості поляриметрії щодо поліпшення якості інформації доплерівських радіолокаційних систем для визначення динамічних характеристик в метеоутвореннях під час польоту ПС.

Перевагами наведених підходів та алгоритмів у роботі [12] є те, що при використанні поляризаційних характеристик відбитого сигналу для визначення інтенсивності турбулентності немає необхідності у складній обробці сигналів, що зменшує час на ідентифікацію та класифікацію турбулентності.

Такий підхід дозволить:

- вибірково підійти до визначення інтенсивності небезпечної турбулентності бортовими радіолокаційними системами, враховуючи тип ПК, що виконує політ;
- оцінити можливий вплив небезпечного явища.

Ураховуючи значний технічний розвиток радіолокаційних методів та систем, постійне підвищення вимог щодо безпеки, регулярності та економічності польотів, потрібно приділяти увагу можливості одержання інформації про ризики в польоті, пов'язані з хмарами вулканічного попелу.

Необхідність ураховувати таку небезпеку стала очевидною після довготривалого впливу наслідків вулканічної діяльності в квітні 2010 р., яка майже унеможливила польоти над більшою частиною Європи.

Особливості небезпечного впливу хмар вулканічного попелу полягають в тому, що вони можуть знаходитися на різних висотах, залежно від синоптичної ситуації досить тривалий період часу, розподілятися на значних територіях із небезпечною концентрацією абразивних часточок та пересуватись із вітром на відстані далеко від джерела своєї появи.

Часточки, що потрапили до двигуна ПК, можуть привести до катастрофічних наслідків не одразу, а на інших етапах польоту вже за відсутності хмар вулканічного попелу.

Ураховуючи, що вітровий стан різних шарів атмосфери значно впливає на розташування хмар вулканічного попелу і не завжди може бути передбачений, оперативна інформація про зони та концентрацію абразивних часточок за маршрутом польоту набуває своєї актуальності.

У роботах [13; 14] розглянуто та показано потенційні можливості щодо виявлення хмар вулканічного попелу наземними радіолокаційними системами різних діапазонів, включно оптичний [14].

У роботі [15] запропоновано комбінований підхід щодо виявлення хмар вулканічного попелу з борту ПК та відмічено можливість новітніх систем обміну даними (ADS-B, Mode-S, AMDAR) для оперативного забезпечення відповідною інформацією авіаційних користувачів.

#### **Інтерактивна динамічна складова в концепції глобальної системи**

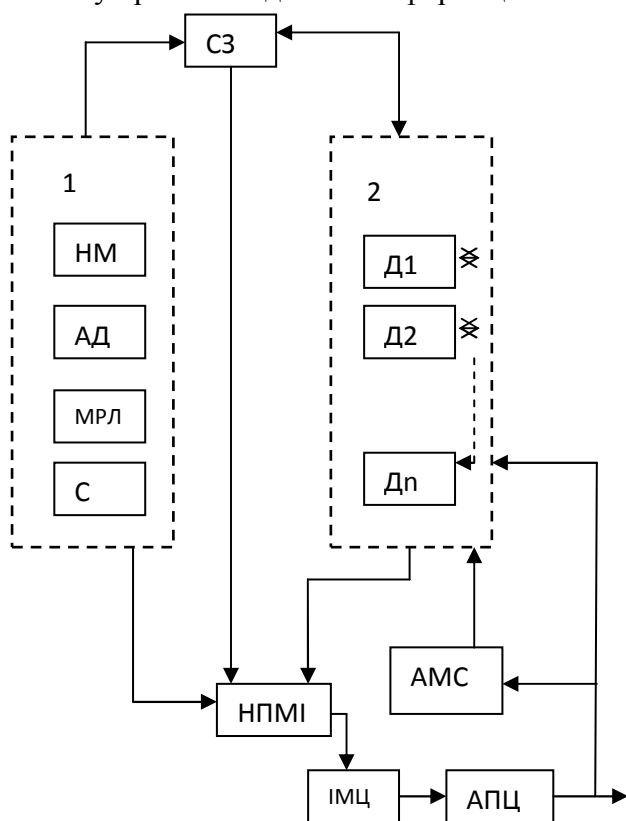
Для підвищення надійності та достовірності інформації про різні метеорологічні ризики включно дистанційне виявлення зон підвищеної електричної активності та зон грозової діяльності необхідно приділяти увагу розробці алгоритмів та методів комбінованого використання даних із різних технічних засобів та датчиків:

- активних;
- пасивних;
- радіолокаційних;
- оптичних.

Більш того, для реалізації концепції глобального спостереження та використання даних комбіноване застосування інформації системи з фіксованим розташуванням з даними, одержаними за допомогою динамічних датчиків, з урахуванням можливостей сучасних систем одержання та передачі даних дозволить не тільки значно підвищити інформативність одержаних даних, але і розглядати ПК як інтерактивний елемент у комплексній системі одержання, розподілу, обміну та кінцевому використанню інформації.

Можливу структурну схему комплексної глобальної інтерактивної системи одержання, розподілу, обміну та використання метеорологічної інформації з використанням мереж першого та другого типів показано на рис. 1.

Як основи мережі другого типу доцільно використовувати і комерційні ПК, що обладнані сучасними засобами спостереження та зв'язку і розповсюдження інформації.



Структурна схема комплексної глобальної інтерактивної системи

Блок 1 відповідає системі першого типу – одержання інформації за допомогою датчиків та систем з фіксованою позицією, де НМС – система наземних метеорологічних станцій, АД – система аерологічних датчиків, МРЛ – система наземних метеорадіолокаторів, С – система метеорологічних супутників.

Блок 2 відповідає динамічній інтерактивній системі одержання та розповсюдження інформації, де Д1-Дп – система датчиків, для яких можна використовувати ПК із відповідним обладнанням, СЗ – супутники зв'язку, НПМІ – наземні приймачі метеорологічної інформації, АМС – авіаційні метеорологічні служби (авіаційні диспетчерські служби), ІМЦ – інформаційні метеорологічні центри та банки погоди, АПЦ – аналітично-прогностичні центри.

### Висновки

Розглянуто можливості підвищення інформаційного забезпечення користувачів метеорологічної інформації за рахунок використання комплексної глобальної системи одержання та розповсюдження метеорологічних даних. Приділено увагу необхідності використання сучасних автоматичних систем обміну даними та супутникових ліній зв'язку.

Показано можливу структуру одержання та розповсюдження інформації, де окремим блоком виділено активну динамічну систему мобільних сенсорів та пристроїв одержання інформації, які можуть бути розташовані на ПК. Для найкращого результату реалізації та впровадження динамічної інтерактивної системи одержання та розповсюдження метеорологічної інформації ПК має бути обладнано необхідним набором сенсорів та новітніми засобами дистанційного одержання інформації в комплексі з засобами автоматичного зв'язку, спостереження та передачі таких даних, як ADS-B (IN/OUT) та супутникових систем. Це дозволить підвищити безпеку, ефективність, ситуативну обізнаність пілотів та авіаційних диспетчерів. Використання ПК як датчиків та модулів зв'язку виключає використання додаткових коштів на впровадження відокремленої мережі та зменшує тиск на оточуюче середовище.

Використання динамічної інтерактивної системи одержання та розповсюдження метеорологічних даних як частини глобальної комплексної мережі дозволить:

- значно збільшити об'єм та деталізацію метеорологічних даних;
- підвищити оперативність забезпечення користувачів метеорологічною інформацією;
- забезпечити її цільове використання для окремих ПК або аеропортів;
- використовувати можливості авіації для інформаційного забезпечення фахівців різних галузей, наприклад, метеорологів, синоптиків, або інших видів транспорту.

### Література

1. *Automated Surface Observing System (ASOS)*, 1999. – Режим доступу: <http://www.weather.gov/ost/asostech.html>.
2. *Europe's Meteorological Satellite Organization*. – Режим доступу: <http://www.eumetsat.de>.
3. <http://www.noaa.gov>.
4. *Global Observing System*. – Режим доступу: [www.wmo.ch/web/www/OSY.GOS.html](http://www.wmo.ch/web/www/OSY.GOS.html).
5. Яновский Ф.И. Анализ возможностей повышения информативности наблюдений за атмосферным электричеством / Ф.И. Яновский, Б.Е. Фишман // 4-й Всесоюзный симпозиум по атмосферному электричеству: тезисы докладов. – Нальчик, 1990. – С. 23–24.
6. Яновский Ф.И. Концепция единой сети наблюдений атмосферного электричества и опасных метеоявлений. Пассивная радиолокация гроз: доклад / Ф.И. Яновский // Научный совет АН СССР по проблеме «Статистическая радиофизика». – Рига: Препринт, 1990. – С. 1–10.
7. *Automated Dependent Surveillance: Aircraft Position and Weather data* // Proc. of Tirrhenian International Workshop on Digital Communications. Enhanced Surveillance of Aircrafts and Vehicle (ESAV'08), Island of Capri, 2008. – P. 132–137.
8. Darr S. Safer Systems: A NextGen Aviation Safety Strategic Goal / S. Darr, W. Ricks, K.A. Lemos // IEEE Aerospace and Electronic SYSTEMS Magazine. – June 2010. – Vol. 25, N 6. – P. 9–14.
9. *Major Contract for ADS-B Weather System, Safety and Technology Trends*, Monday, March, 31, 2008. – Режим доступу: <http://www.aviationtoday.com/asw/categoris/military/20657.html>.
10. Yanovsky F. New Concept of Multifunctional Weather Radar / F. Yanovsky, Yu. Averyanova // Proceedings of International Radar Symposium (IRS 2009). 09–11 September, 2009. – Hamburg, Germany. – P. 449–455.
11. Браун І. Н. Аналіз даних експериментальних досліджень поляризаційних параметрів радіолокаторів для безпечної навігації в умовах граду / І. Н. Браун, Ф.Й. Яновський. – Вісник НАУ, 2005. – № 1. – С. 55–59.
12. Авер'янова Ю.А. Концепція застосування поляризаційно-чутливих антен для локації об'єктів нестабільної форми / Ю.А. Авер'янова, А.А. Аверьянов, Ф.И. Яновський // Вісник НАУ. – 2011. – № 1. – С. 27–33.
13. Marzano F.S. Meteorological Characterization of Microwave Radar Reflectivity Due to Volcanic Ash Clouds / F.S. Marzano, G. Vulpiani, W.I. Rose // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, February 2006. – Vol. 44, N 2. – P. 313–327.
14. *ESA Earth Observation Mission Science Division*, University of Munich, Meteorological Institute, 2010, Website. – Режим доступу: [http://www.esa.int/esaLP/SEMJTTF098G\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaLP/SEMJTTF098G_index_0.html).
15. Yanovsky F. Specified for Air Safety, Monitoring Atmospheric Phenomena Including the Volcano Dust / F. Yanovsky // Proceedings of International Radar Symposium (IRS 2010), 16–18 June, 2010. – Vilnius, Lithuania. – P. 2–6.